

Как видно из результатов, представленных в таблице, количество воздуха при использовании байпасной камеры можно снизить на 60 %, при использовании только перфорации – в среднем на 15-20 %, а при комбинированном – около 80 %.

Список использованных источников

1. Logachev I. N., Logachev K. I. Industrial air quality and ventilation: controlling dust emissions. Boca Raton : CRC Press, 2014. 417 p.
2. Logachev I. N., Logachev K. I., Averkova O. A. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. Boca Raton : CRC Press, 2015. 576 p.
3. Аверкова О. А., Логачев И. Н., Логачев К. И. Моделирование отрыва потока на входе во всасывающие каналы в областях с разрезами // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. 2012. Т. 13. № 1 (25). С. 298-306.
4. Логачев И. Н., Логачев К. И., Аверкова О. А. Энергосбережение в аспирации. Теоретические предпосылки и рекомендации. М., Ижевск : РХД, 2013. 504с.
5. Аверкова О. А., Зоря В. Ю., Логачев К. И. Особенности поведения аэрозольных частиц в аспирационном укрытии стандартной конструкции // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2007. № 11. С. 34-36.
6. Логачев К. И., Пузанок А. И. Численное моделирование пылевоздушных течений вблизи вращающегося цилиндра-отсоса // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 2. С. 63-70.

УДК 621.313

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИК ПО РАСЧЕТУ ИНДЕКСА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

THE ANALYSIS OF FOREIGN METHODS FOR ESTIMATION OF THE HEALTH INDEX OF POWER TRANSFORMERS

Кузина Т. С., Давиденко И. В.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, kuzichka191@yandex.ru

Kuzina T. S., Davidenko I. V.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В статье рассматриваются современные подходы расчета индекса технического состояния силовых трансформаторов. Производится

анализ достоинств/недостатков данных методик и формируется сравнительная таблица.

Abstract: Presented paper proposes an overview of the existing evaluation methods of the health index of power transformers. Developed comparison table allows to demonstrate both advantages and disadvantages of each methodology.

Ключевые слова: индекс технического состояния; силовой трансформатор; техническое диагностирование.

Key words: health index; power transformer; technical diagnosis.

Опыт Канады. Авторы [1] отмечают положение силовых трансформаторов (СТ) на оси матрицы рисков, у которой к критериям вероятности отказа относятся: срок эксплуатации; индекс технического состояния (ИТС); остаточный ресурс; а к критериям следствий отказа: непрерывное обслуживание; показатель надежности трансформатора.

В методике определяется средний показатель старения парка, на основе которого находится ИТС и реальный срок службы единицы парка трансформаторов. Определения реального срока службы производится с помощью непараметрической оценки Каплана-Мейера (1):

$$\tilde{S}(t) = \prod_{i=0}^T \frac{R_i - d_i}{R_i} \quad (1)$$

где R_i – число объектов, доживающих до t_i ; d_i – число объектов, для которых произошел отказ в t_i ; d_i / R_i – вероятность отказа.

Для расчета глобального ИТС СТ используются показатели надежности узлов РПН и вводов и параметры: состояние твердой изоляции; АРГ; влагосодержание; анализ масла. Значения каждого параметра и показателя оценивается экспертами с помощью весовых коэффициентов. Для расчета остаточного ресурса трансформатора, строится зависимость ИТС в функции срока службы, производится оценка линейной регрессии, и с помощью этой зависимости определяем реальный срок службы единицы парка СТ.

Опыт Венгрии. Венгерский подход [2] определения ИТС и его надежности (реализованный в программном обеспечении) включает в себя два метода с использованием: 1 – нечеткой логики; 2 – ИТС.

В методе 2 каждому из группы входных параметров присваивается весовой коэффициент w_i . Для расчета ИТС входные параметры переопределяют в величину распределения, находящуюся в диапазоне $[0, 1]$, следующим образом: 1 – исправно, 0 – неисправно. Входные параметры: АРГ; анализ масла; состояние изоляции. Также учитываются оценка внешнего состояния и оценка состояния вспомогательного оборудования. Расчет xSI (ИТС) выполняется на основе линейного метода (формула (2)), где s_i – величина распределения. Исключением

является расчет коэффициента xSI , характеризующий анализ растворенных газов (АРГ), для его расчета используют систему оценок с использованием нечеткой логики (метод 1).

$$xSI = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

Опыт Австралии. Метод, представленный в источнике [3], основывается на анализе характеристик трансформаторного масла. Алгоритм определения является полностью компьютерным процессом и включает в себя три этапа: построение БД; анализ данных; прогнозирование.

Построение базы данных реализуется с учетом данных об испытаниях трансформаторного масла: АРГ ($DGAF$); кислотное число, влагосодержание, тангенс диэлектрических потерь, напряжения пробоя масла (OQF); 2-фурфурол (PIF). На основе этих данных выполняются следующие расчеты.

Расчет на основе отраслевых стандартов (HI_a):

$$HI_a = \frac{\sum_{i=1}^3 F_i \cdot K_i}{\sum_{j=1}^3 K_j} \quad (3)$$

где F_i – значение $DGAF$, OQF и PIF ; K_i – коэффициент важности i -го измерения.

Показатели $DGAF$ и OQF находятся по формуле (2), где S_i – множества параметров, определенные по результатам испытания масла; W_i – весовые коэффициенты. PIF оценивается по одному показателю.

Расчет на основе экспертных оценок (HI_b): эксперты с учетом дополнительных сведений о работе трансформатора, его истории нагрузки и условий эксплуатации делают пометку в виде одного из комментариев (которым соответствуют баллы): допустимо; требуется дальнейшее исследование; контроль АРГ, повторить испытание масла; недопустимо (по АРГ). Далее определяется вид дефекта на основе: треугольника Дюваля (HI_c); алгоритма нечетких s -средних (HI_d). Затем показатели (HI) суммируются.

В таблице приведены результаты сравнения перечисленных методик.

Достоинства и недостатки методик оценки ИТС СТ

Параметры	Страна методик		
	Канада	Венгрия	Австралия
Учет в индексе тех состояния АРГ	+	+	+*
Учет в индексе тех состояния ФХА показателей масла	—	—	+
Учет характеристик изоляции	+	+	+
Учет сопротивлений обмоток и короткого замыкания, опыта ХХ	—	—	—
Учет ТВК	+	—	—
Учет спец. методов контроля: виброобследования, измерения ЧР	—	—	—
Учет состояния узлов (РПН, вводов, системы охлаждения)	+	+	—
Анализ конструкции	—	—	—
Учет отсутствия информации	—	—	—
Привлечения экспертов на определенном этапе расчета ИТС	+	+	—
Полностью автоматический расчет ИТС	—	—	+
Учет вероятности отказа\рисков	+	—	—
Корректировка реального срока эксплуатации в зависимости от ИТС	+	—	—
Анализ причин отказа	—	—	—

Условные обозначения:

- + — оцениваются непосредственно контролируемые параметры,
- +* — оценивается диагноз, поставленный по параметрам.

Анализ зарубежного опыта расчета ИТС позволил выявить общие недостатки, трудности реализации (автоматизации) таких методик:

- нет анализа всего возможного количества диагностических признаков;
- нет учета всех планово-профилактических результатов и специальных видов измерения;
- нет верификации данных измерений;
- нет оценки вида, опасности, стадии и скорости развития дефекта, нет учета истории его развития;
- нет учета достоверности, чувствительности и регулярности проведения разных видов измерений;
- нет учета отсутствия данных некоторых видов измерений и разной частоты проведения измерений;
- нет учета проведенных операций ТОиР;
- нет учета конструктивных особенностей и срока эксплуатации,

устранение которых в перспективе позволит усовершенствовать методику расчета индекса технического состояния силовых трансформаторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Use of Health Index and Reliability Data for Transformer Condition Assessment and Fleet Ranking / P. Picher, J.-F. Boudreau, A. Manga, C. Rajotte, C. Tardif, G. Bizier, N. Di Gaetano, D. Garon, B. Girard, J.-F. Hamel, S. Proulx / Hydro-Québec, Canada // 45th CIGRE Session, Paris (France), 2014, report A2-101.

2. Health index as one of the best practice for condition assessment of transformers and substation equipment's – Hungarian experience / B. Németh, CS. Vörös, G. Csépes / Budapest University of Technology and Economics Hungary // 45th CIGRE Session, Paris (France), 2014, report A2-103.

3. Pattern Recognition Techniques for Determining the Health Index of Oil-Paper Insulation of In-service Power Transformers / T. K. Saha, H. Ma, C. Ekanayake, D. Martin, D. Allan / The University of Queensland Australia // 45th CIGRE Session, Paris (France), 2014, report A2-105.

УДК 621.311

РАСЧЕТ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 КВ

CALCULATION OF CURRENT CUTOFF OVERHEAD LINES OF 110 KV

Кусов И. Р., Хадонов А. Т., Ключев Р. В., Берко И. А.
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ), г. Владикавказ,
kluev-roman@rambler.ru

Kusov I. R., Hadonov A. T., Klyuev R. V., Berko I. A.
North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В работе приведен расчет токовой отсечки воздушных линий напряжением 110 кВ. В работе получены значения токов качания по воздушным линиям, определены зоны защит линий, уровни остаточных напряжений на шинах подстанции Зарамагской ГЭС. Сделаны выводы по использованию рассчитанной релейной защиты в электроэнергетической системе.

Abstract: The paper presents the calculation of the current cut-off of overhead lines of 110 kV. The paper presents the current value of the swing on the overhead lines, defined zone of protection lines, residual stress levels on tires substation Zaramagskaya HPP. Conclusions on the Use of calculated relay protection in the power system.

Ключевые слова: токовая отсечка; ток; сопротивление; защита.
Key words: current cutoff; current; resistance; protection.